



⑪ Numéro de publication : **0 466 623 A1**

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt : **91440055.1**

⑤① Int. Cl.⁵ : **G01L 11/00**

㉔ Date de dépôt : **09.07.91**

③① Priorité : **09.07.90 FR 9008864**

④③ Date de publication de la demande :
15.01.92 Bulletin 92/03

⑧④ Etats contractants désignés :
AT BE CH DE DK ES GB GR IT LI LU NL SE

⑦① Demandeur : **Industrie-Werke Karlsruhe
Augsburg Aktiengesellschaft
Gartenstrasse 71
W-7500 Karlsruhe 1 (DE)**

⑦② Inventeur : **Herzog, Jean-Philippe
28 rue du Florimont
F-68230 Turckheim (FR)
Inventeur : Meyrueis, Patrick
31 Boulevard de l'Orangerie
F-67000 Strasbourg (FR)**

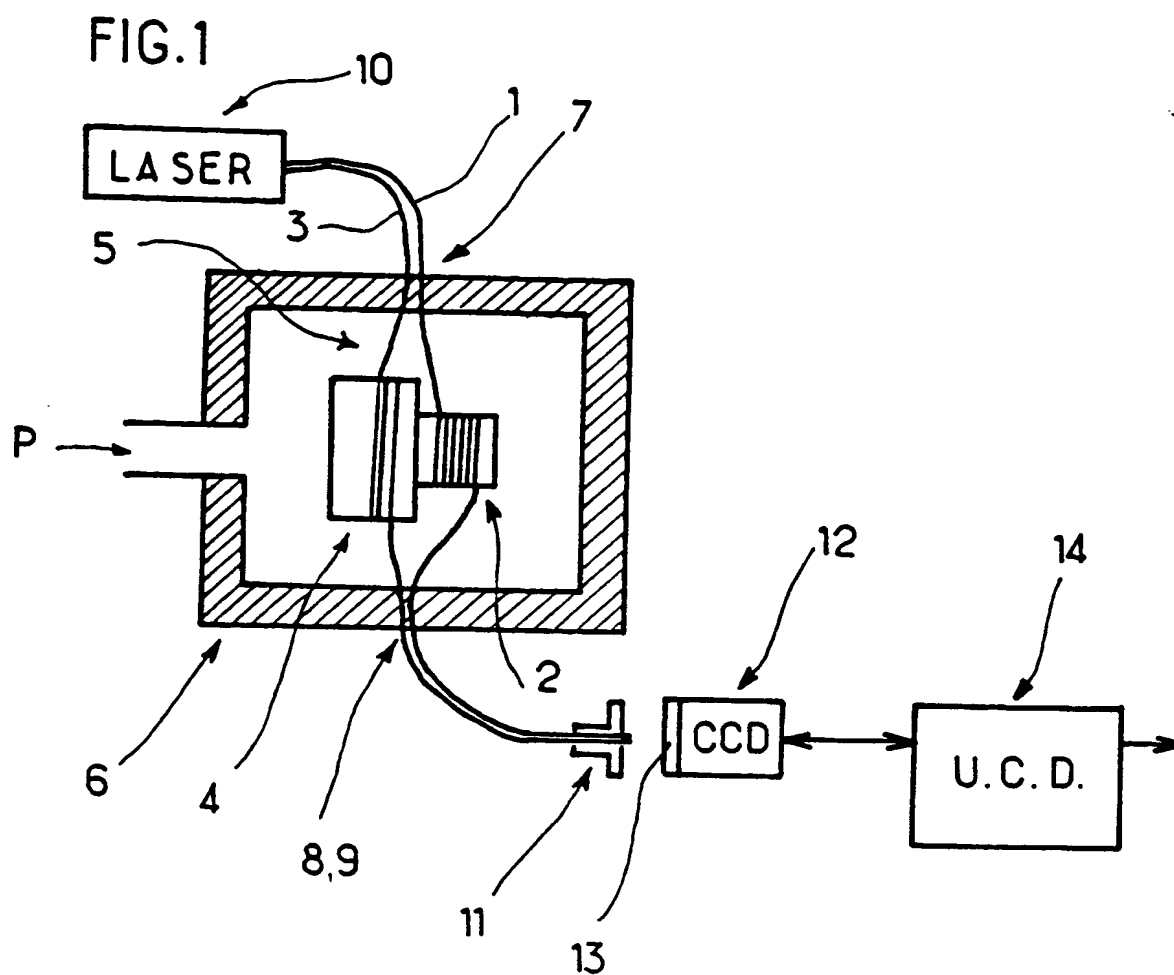
⑦④ Mandataire : **Lichti, Heiner, Dipl.-Ing. et al
Patentanwälte Dr. Ing. Hans Lichti Dipl.-Ing.
Heiner Lichti Dipl.-Phys. Dr.rer.nat. Jost
Lempert Durlacher Strasse 31 Postfach
410760
W-7500 Karlsruhe 41 (DE)**

⑤④ **Capteur de pression à fibres optiques à compensation de température.**

⑤⑦ Capteur caractérisé en ce qu'il comporte deux enroulements de fibres optiques (1) et (3) formés chacun sur un cylindre, (2) et (4) de façon à garder en sortie le même état de polarisation et la même longueur, les cylindres (2) et (4) constituant une seule et même pièce mécanique (5) et en ce que l'ensemble est enfermé dans une cellule de mesure (6) où règne la pression à mesurer et exploité en mesures interférométriques sous lumière cohérente.

Cette invention intéresse les constructeurs de capteurs de pression.

EP 0 466 623 A1



La présente invention se rapporte à un capteur de pression à fibres optiques et à compensation des effets dus à la température du type interférométrique.

Elle concerne plus particulièrement un capteur de pression à fibres optiques du type utilisant un montage interférométrique.

Les capteurs de pression connus utilisant des fibres optiques peuvent être rangés dans trois catégories principales, selon que la pression module l'intensité, l'état de polarisation ou la phase de l'onde lumineuse.

Parmi les capteurs de la première catégorie, on distingue les capteurs à réflexion dans lesquels la lumière retournée dans la fibre est modulée en intensité par réflexion sur une membrane dont le déplacement ou la déformation est fonction de la pression appliquée. On distingue aussi les capteurs à décalage de position dans lesquels une fibre fixe est placée en regard d'une fibre soumise à un déplacement dû à la pression.

On distingue également les capteurs à micro-courbures dans lesquels les variations de pression sont transmises à la fibre optique par l'intermédiaire d'un système mécanique déformant soumis à la pression engendrée par un fluide. La propagation des rayons lumineux se trouve modifiée par les micro-courbures ainsi appliquées à la fibre. Il en résulte une variation de l'intensité transmise qui traduit les variations de pression. La simplicité apparente de ces capteurs ne traduit ni leur efficacité ni leur sensibilité. L'emploi d'un mécanisme de conversion extérieur à la fibre limite cependant dans la plupart des cas l'étendue du domaine de mesure. Par ailleurs, les risques de destruction en cas de surcharge et les problèmes liés à l'emploi de membranes (hystérésis notamment) constituent autant d'inconvénients.

En ce qui concerne les capteurs de pression à variation de polarisation, on mesure la variation de l'état de polarisation de la lumière liée à la variation de biréfringence provenant de la déformation élastique de la fibre sous l'effet de la pression. Ce type de capteur met en oeuvre des dispositifs complexes et de nombreux intermédiaires mécaniques et optiques qui rendent l'exploitation coûteuse et mal adaptée pour un milieu industriel.

Les capteurs de pression à variation de phase sont du type interférométrique et présentent une très grande sensibilité. Ils comprennent, en général, une fibre de référence isolée le plus possible du milieu extérieur et une fibre de mesure soumise aux variations de la grandeur physique à mesurer.

Le décalage de phase engendré par la modification de la grandeur physique à mesurer (par exemple la pression) provoque un défilement des franges d'interférence résultant de la superposition de deux ondes à la sortie de l'interféromètre.

Si divers avantages tels que la sensibilité et la vaste étendue du domaine de mesure démontrent la

supériorité de ce type de capteurs, il reste la sensibilité à la température qui constitue le principal inconvénient.

Celle-ci s'avère particulièrement gênante dans tous les cas de milieux perturbés tels que ceux rencontrés dans le domaine industriel.

L'invention a pour but de remédier à ces divers inconvénients.

A cet effet, elle se rapporte à un capteur de pression à fibres optiques et à compensation des effets dus à la température, qui évite l'utilisation d'une fibre optique de référence, caractérisé en ce qu'il comporte deux enroulements de fibres optiques formés chacun sur un cylindre dont les rayons sont différents et calculés de façon à garder en sortie le même état de polarisation qu'en entrée, les cylindres constituant une seule et même pièce mécanique et en ce que l'ensemble est enfermé dans une cellule de mesure où règne la pression à mesurer et exploité en mode interférométrique.

De multiples avantages se dégagent de l'utilisation du capteur selon l'invention :

- . il fonctionne avec des fibres multimodes notablement moins chères ;

- . les fibres multimodes offrent, de plus, une grande facilité d'usage pour l'injection de la lumière ;

- . absence d'une fibre optique de référence ;

- . compensation intrinsèque de température ;

- . solidité mécanique d'ensemble ;

- . avantages habituels des fibres optiques : grande sensibilité, isolation galvanique, insensibilité aux perturbations électromagnétiques et sécurité dans les ambiances déflagrantes.

Grâce à sa facilité d'emploi et à sa précision, le capteur selon l'invention permet d'envisager de multiples applications :

- . surveillance et contrôle de processus industriels ;

- . mesures de débits et plus généralement, d'écoulements de fluides ;

- . mesures de pressions dans un milieu ou un environnement rendant impossibles les mesures avec un autre type de capteur, par exemple en milieu explosif.

Les caractéristiques techniques et d'autres avantages de l'invention sont consignés dans la description qui suit, effectuée à titre d'exemple non limitatif sur un mode d'exécution en référence aux dessins accompagnants dans lesquels :

- . la figure 1 est le schéma du montage de base à une seule cellule de mesure ;

- . la figure 2 est une vue en plan de deux boucles de fibres optiques montées sur deux cylindres tangents ;

- . la figure 3 est le schéma de montage d'un capteur à deux cellules de mesure utilisant des enroulements montés en parallèle illustrant une

application dans une conduite ;

. la figure 4 est le schéma de montage d'un capteur à deux cellules de mesure utilisant des enroulements montés en série croisée ;

. la figure 5 est le schéma de montage d'un capteur à deux cellules de mesure utilisant des enroulements montés en série simple ;

. la figure 6 est le schéma de montage d'un capteur à deux chambres intérieures distinctes à l'intérieur d'un même cylindre ;

. la figure 7 est le schéma d'un exemple de réalisation d'un capteur à une seule chambre intérieure.

L'idée générale inventive consiste à former un capteur de pression à partir de deux enroulements distincts de fibres optiques sur deux cylindres de diamètres différents constituant un même bloc mécanique.

Plus particulièrement, une première fibre optique 1 est enroulée et fixée, par exemple par collage, sur un premier cylindre 2. Une deuxième fibre optique 3 est enroulée et fixée par collage sur un deuxième cylindre 4 solidaire du premier de façon à constituer avec lui une seule et même pièce mécanique ou bloc 5.

Les premier et deuxième cylindres 2 et 4 sont coaxiaux ou excentrés, mais présentent toujours une différence suffisante de diamètre.

Un exemple de rapport de rayon égal à deux est représenté sur la figure 2.

Les cylindres sont réalisés en divers matériaux ou matières, par exemple en métal. L'utilisation de matériaux à faibles coefficients de dilatation thermique, verre de type "DURAN" ou acier de type "INVAR" par exemple, ou possédant de bonnes propriétés d'élasticité et de résistance à la corrosion (céramiques, titane) apporte des avantages particulièrement intéressants en ce qui concerne les performances du capteur.

Ils peuvent être creux, afin de permettre l'équilibre plus rapide de la température.

Dans le cas de cylindres creux, la pression peut être appliquée à l'intérieur ou à l'extérieur des cylindres.

Dans le cas de cylindres excentrés, la réalisation la plus intéressante consiste à prévoir des cylindres tangents sur une zone étroite comme représenté sur la figure 2 dont le rapport des diamètres permet l'entrée et la sortie des enroulements sur la zone de tangence.

Les rayons de courbure des deux enroulements sont choisis de façon à ce que l'état de polarisation de la lumière à la sortie des fibres soit le même qu'à l'entrée, permettant ainsi aux faisceaux lumineux issus des fibres d'interférer entre eux.

De plus, le nombre de spires sur chaque enroulement est choisi en raison inverse du rayon de courbure correspondant. De cette façon, on obtient deux

bobines de fibres de mêmes longueurs qui subissent très sensiblement les mêmes effets de température. Ainsi, le capteur, ne réagissant qu'à une différence d'effets entre les deux enroulements, est peu sensible à la température.

En revanche, la sensibilité des fibres à la pression dans une telle configuration est fonction du rayon de courbure. Comme les enroulements possèdent des rayons de courbure différents, le capteur sera sensible à la pression.

Le bloc 5 est enfermé dans une cellule de mesure 6 en communication avec le fluide dont la pression est à mesurer, par exemple une conduite 7 ou un ballon ou toute autre enceinte dont le volume intérieur est soumis à une pression P.

Les fibres optiques sortent sur le côté de la cellule par des passages 8 et 9 rendus étanches.

Comme représenté sur la figure 1, le montage de base comprend une seule cellule de mesure. Dans ce cas, il permet une mesure absolue de pression.

On injecte simultanément dans les deux fibres un faisceau de lumière cohérente émise par une source laser 10 soit directement, soit par l'intermédiaire d'un coupleur de fibres optiques ou par un système optique adapté.

Les fibres sont regroupées en extrémité dans un support 11 d'orientation des franges.

On observe les franges et leur défilement à l'aide d'une caméra 12 à réseau ou à barrettes d'éléments photosensibles 13, par exemple connu sous le sigle CCD.

L'image est acquise et traitée par une unité de contrôle et de traitement UCT référencée 14 permettant la mesure du décalage des franges d'interférence.

Les montages à deux cellules 15 et 16 représentés sur les figures 3, 4 et 5 permettent de mesurer, soit une différence de pression, soit une somme de deux pressions : mesure différentielle ou mesure additionnelle.

La mesure de la différence de pression s'avère particulièrement intéressante dans le cas, par exemple, de la surveillance du débit d'un fluide. Il suffit, en effet, de mettre en communication l'une des cellules avec une prise de pression totale et l'autre cellule avec une prise de pression statique. La différence de ces deux pressions rend parfaitement compte de la valeur du débit.

Comme représenté sur les figures, diverses possibilités de branchements des enroulements sont envisageables. Elles donnent toutes des résultats intéressants en sommation ou en différence.

On les examinera successivement, considérant comme une application type, la mesure d'une différence ou d'une somme de pressions dans une conduite 17 avec laquelle les cellules 15 et 16 sont en communication respectivement par des liaisons fluidiques ou hydrauliques 18 et 19 dont la première 18

aboutit en zone centrale de la conduite et présente une ouverture dans la direction opposée à celle du débit pour réaliser une prise de pression totale et l'autre 19 en zone périphérique pour réaliser une prise de pression statique.

Les montages décrits ci-après sont tous susceptibles de fonctionner dans cette application.

Chaque couple d'enroulement réagit à la différence de pression qui agit sur ses fibres. On échange les effets et, selon les branchements, les effets s'additionnent ou se retranchent.

On examinera tout d'abord le montage dit parallèle tel que représenté sur la figure 3.

Dans ce montage on réalise dans l'unité de traitement 14 les différences de pression entre les deux points de mesure afin d'obtenir une variable exploitable pour la surveillance d'un débit.

Bien entendu pour ce montage, on pourra utiliser une seule source laser convenablement partagée en deux faisceaux au moyen par exemple d'un coupleur de fibres optiques ou deux sources laser indépendantes, ou bien encore une autre source à cohérence partielle.

Il en est de même pour l'exploitation des mesures qui se fera préférentiellement par deux barrettes distinctes d'éléments optoélectroniques ou une seule barrette considérée comme deux barrettes juxtaposées par l'unité de traitement, ou encore tout autre dispositif susceptible de détecter et de mesurer un décalage de phase optique.

Le montage suivant dit "en série-croisée" (figure 4) fait correspondre à l'enroulement sur le petit cylindre d'une cellule, l'enroulement sur le grand cylindre de l'autre cellule et inversement pour les autres cylindres.

Il permet également de mesurer des différences de pression par l'exploitation du décalage des franges avec une sensibilité fonction de la différence des rayons de courbures.

Le montage de la figure 5 concerne un branchement en série simple selon lequel les enroulements sur les cylindres de même taille sont disposés en série.

Le décalage des franges rend compte de la somme des pressions ou de la moyenne des deux pressions.

Les figures 6 et 7 se rapportent au cas particulier où l'on applique la pression à l'intérieur des cylindres par deux communications 20 et 21 à partir de la conduite 17. Il s'agit, par exemple de cylindres séparés ou d'un cylindre monobloc à deux cavités 22 et 23 en liaison fluide avec la conduite 17. Le principal avantage de cette variante consiste à éviter aux fibres optiques d'être mises en contact avec le fluide. Outre une meilleure durée de vie, dans le cas de fluides corrosifs en particulier, ce type de montage offre une simplicité de réalisation accrue comparativement aux montages précédents.

Dans le cas particulier du montage de la figure 6 il s'agit d'un exemple de réalisation simplifiée des montages des figures 3 et 4 dans lequel on applique la pression à l'intérieur des cylindres et on effectue une mesure de différences de pression.

La figure 7 donne un exemple de réalisation d'un capteur de pression absolue présentant un cylindre creux 24 à une seule cavité 25 et à deux enroulements extérieurs 26 et 27 de fibres optiques, celles-ci étant montées en parallèle et exploitées en mode interférométrique.

Il est bien entendu qu'au-delà des moyens décrits, diverses modifications évidentes et variantes simples entrent dans le cadre de la présente invention.

Revendications

1. Capteur de pression à fibres optiques et compensation de température, caractérisé en ce qu'il comporte deux enroulements de diamètres différents de fibres optiques formés chacun sur un cylindre, de façon à garder, en sortie, le même état de polarisation et la même longueur, les cylindres constituant une seule et même pièce mécanique et en ce que l'ensemble est soumis à pression à mesurer et exploité en mesures interférométriques sous lumière cohérente.
2. Capteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le nombre de tours est tel que les longueurs des fibres sont les mêmes sur les deux enroulements.
3. Capteur selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les diamètres de l'un et l'autre enroulements sont tels que l'état de polarisation est le même en sortie qu'en entrée.
4. Capteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on utilise deux cellules renfermant la même pièce mécanique renfermant les fibres.
5. Capteur selon la revendication 4, caractérisé en ce que les enroulements de chacun des cylindres de chaque cellule sont montés en parallèle.
6. Capteur selon la revendication 4, caractérisé en ce que les enroulements de chacun des cylindres de chaque cellule sont montés en série simple.
7. Capteur selon la revendication 4, caractérisé en ce que les enroulements de chacun des cylindres de chaque cellule sont montés en série croisée.
8. Capteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les enroulements de chacun des cylindres

de chaque cellule sont à l'extérieur.

9. Capteur selon la revendication 8, caractérisé en ce que les enroulements sont identiques et montés en parallèle.

5

10. Capteur selon la revendication 8, caractérisé en ce que les enroulements sont différents et montés en parallèle.

10

15

20

25

30

35

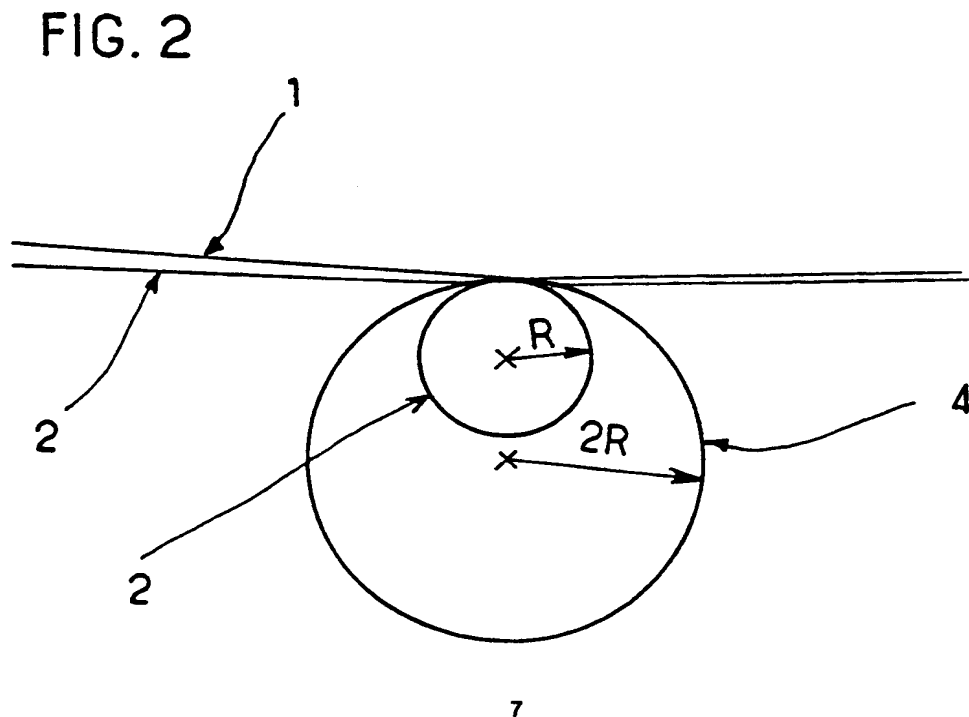
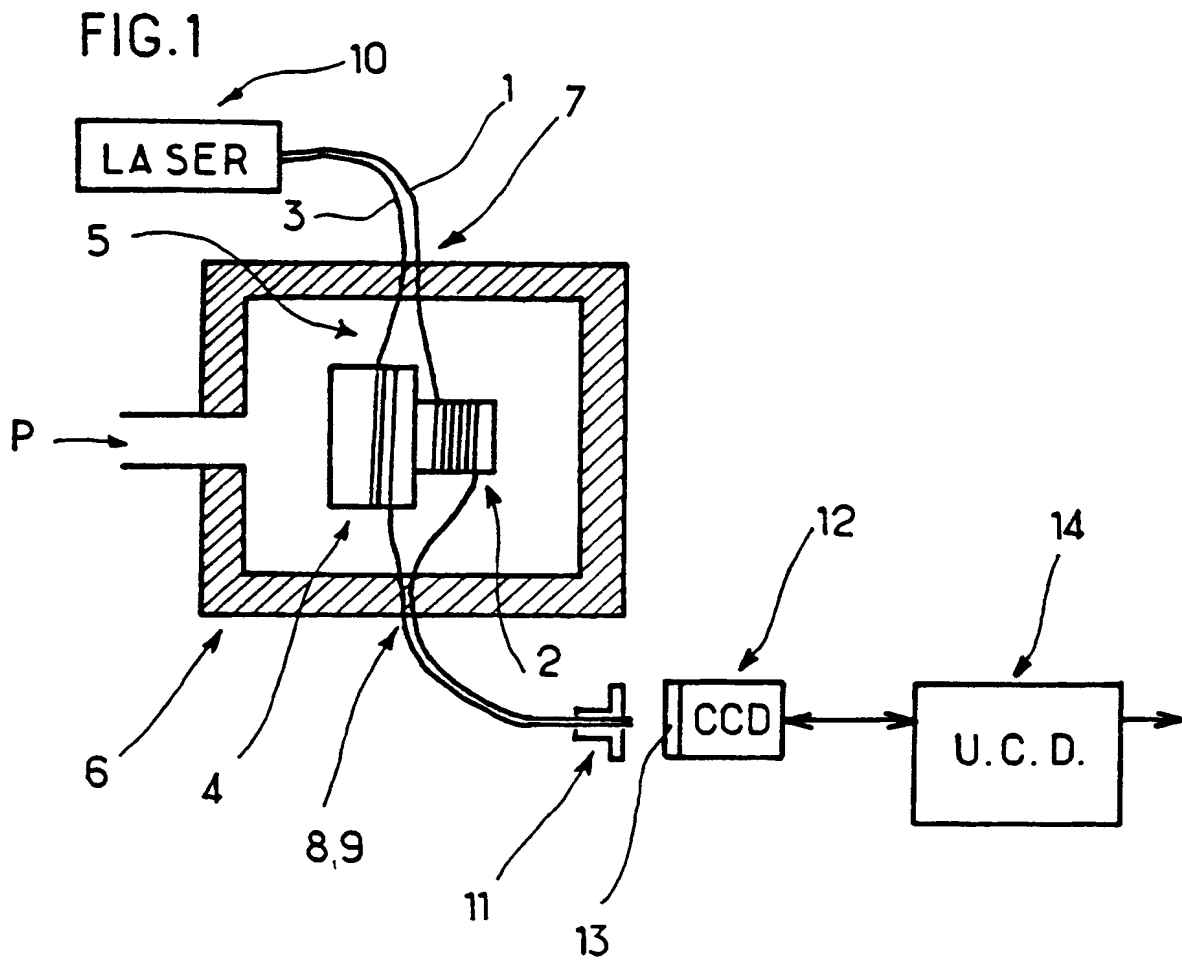
40

45

50

55

6



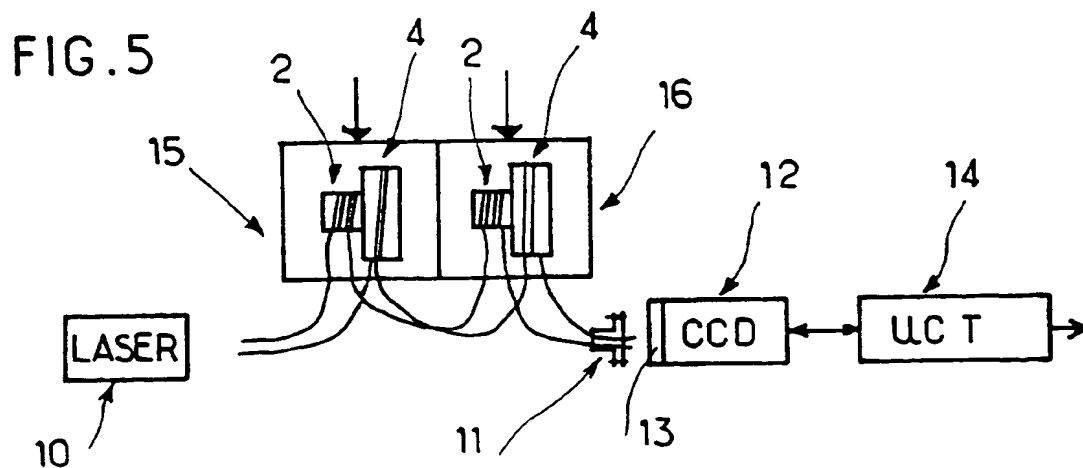
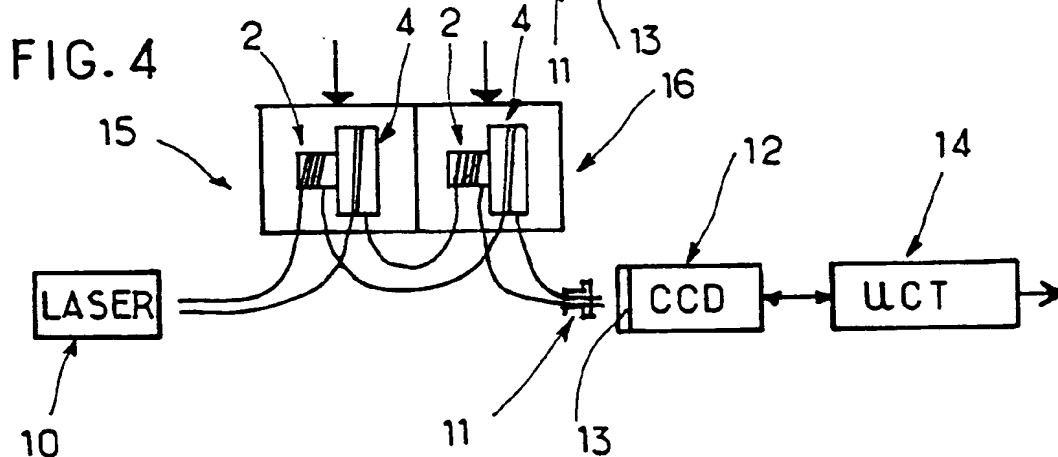
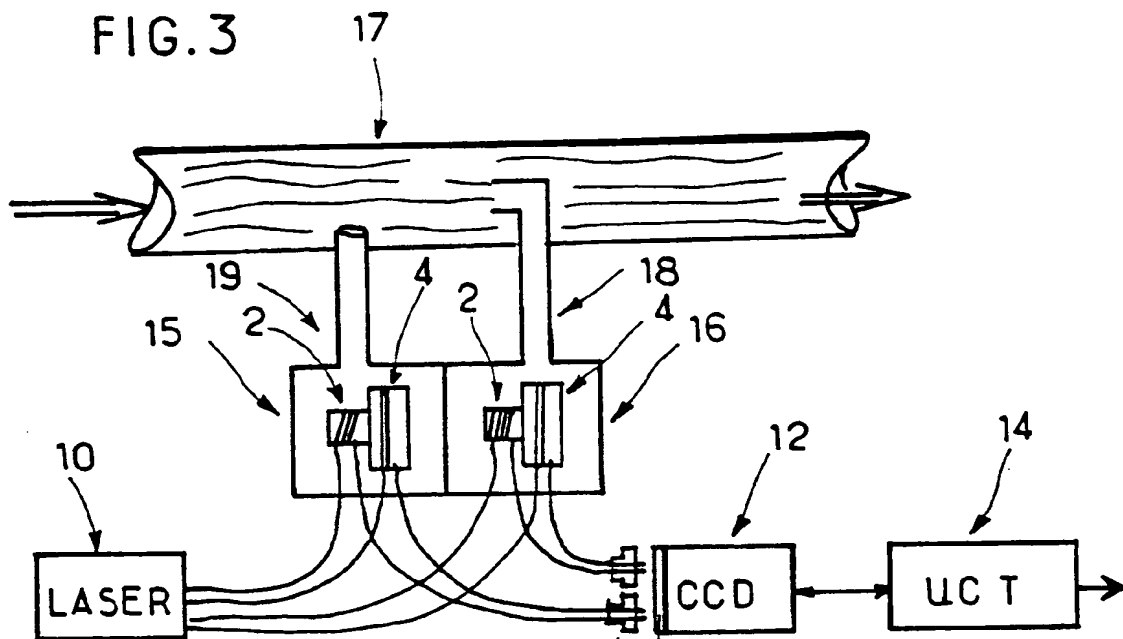


FIG. 6

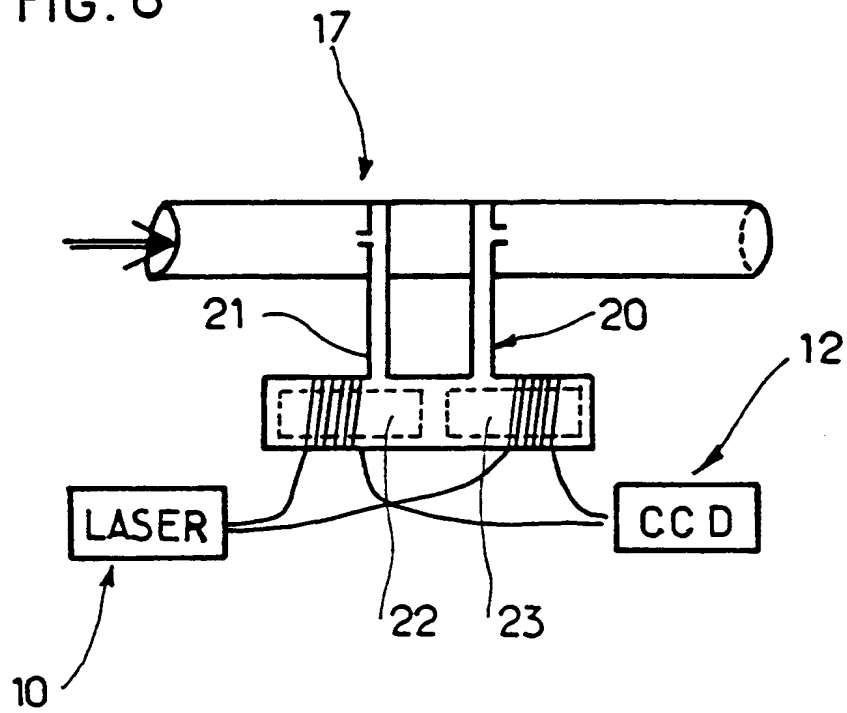
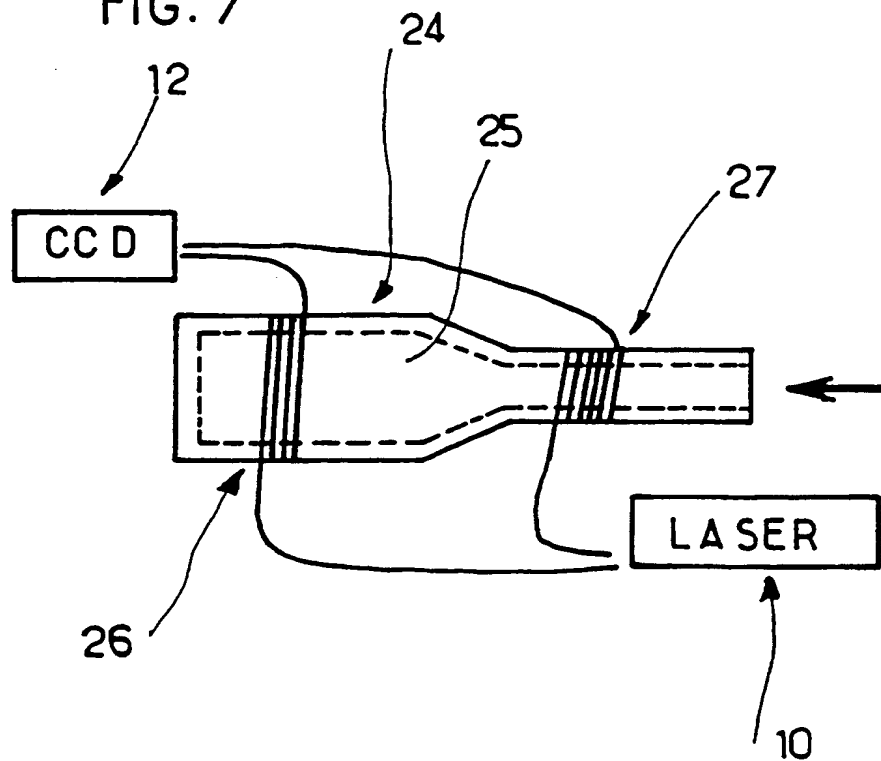


FIG. 7





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 91 44 0055

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	EP-A-345 188 (INDUSTRIE-WERKE KARLSRUHE AUGSBURG AG) * le document en entier * ---	1	G01L11/00
A	EP-A-242 894 (COENECOOP B.V.) * le document en entier * ---	1	
A	DE-C-3 541 733 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.) * le document en entier * ---	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 296 (P-407)(2019) 22 Novembre 1985 & JP-A-60 133 336 (SHIMAZU SEISAKUSHO K.K.) 16 Juillet 1985 * le document en entier * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			G01L
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Titre de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 10 OCTOBRE 1991	Examineur VAN ASSCHE P.O.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arriére-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande I : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 (03.82) (P0402)